

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2003096545  
PUBLICATION DATE : 03-04-03

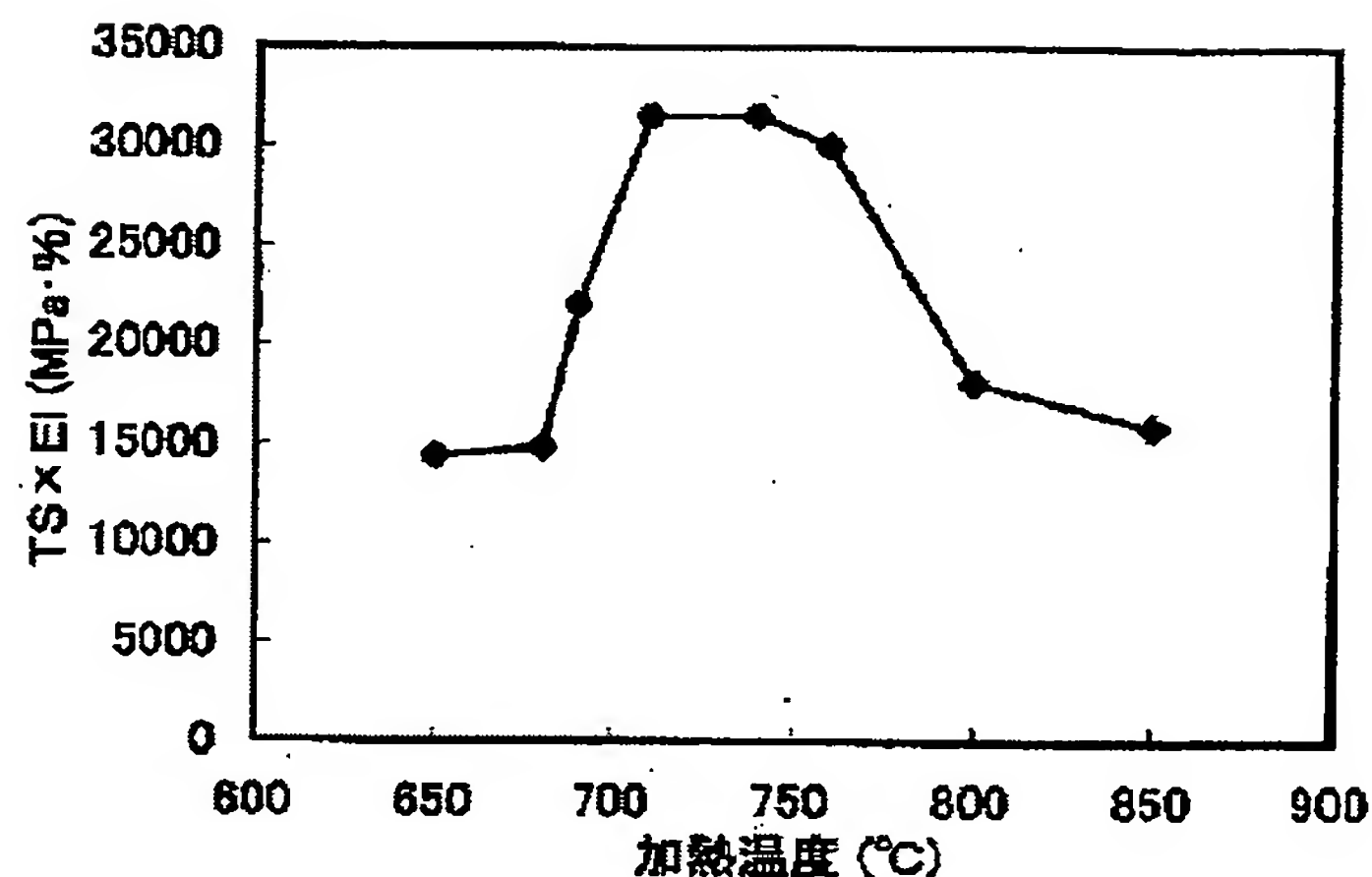
APPLICATION DATE : 25-09-01  
APPLICATION NUMBER : 2001291695

APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : ARAYA MASATOSHI;

INT.CL. : C22C 38/00 C21D 8/10 C22C 38/06  
C22C 38/58

TITLE : ELECTRIC RESISTANCE WELDED  
TUBE HAVING HIGH STRENGTH AND  
DUCTILITY, AND PRODUCTION  
METHOD THEREFOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high strength electric resistance welded tube having the characteristics of a tensile strength satisfying  $\geq 1,180$  MPa and a ductility satisfying  $\geq 15\%$ , and to provide an advantageous production method therefor.

SOLUTION: A steel slab having a composition containing, by mass, 0.10 to 0.30% C, 0.01 to 2.0% Si, 2.0 to 4.0% Mn,  $\leq 0.025\%$  P,  $\leq 0.02\%$  S, 0.010 to 0.10% Al, and  $\leq 0.010\%$  N, and the balance Fe with inevitable impurities is hot-rolled into a steel strip. This steel strip is continuously subjected to roll forming, and is thereafter subjected to electric resistance welding into a tube stock. After that, the tube stock is heated in the temperature range of  $> \text{an } A_{c1}$  to  $< \text{an } A_{c3}$  point, and is subjected to reduction rolling to form a layered structure elongated in the longitudinal direction of the tube, and consisting of ferrite and martensite, and the mean layer intervals of the martensitic structure is controlled to  $\leq 2.0 \mu\text{m}$ .

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J.P.)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-96545

(P2003-96545A)

(43) 公開日 平成15年4月3日 (2003.4.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコード (参考)

C 2 2 C 38/00

3 0 1

C 2 2 C 38/00

3 0 1 Z 4 K 0 3 2

C 2 1 D 8/10

C 2 1 D 8/10

B

C 2 2 C 38/06

C 2 2 C 38/06

38/58

38/58

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願2001-291695 (P2001-291695)

(22) 出願日

平成13年9月25日 (2001.9.25)

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 上 力

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目 (番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72) 発明者 中垣内 達也

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目 (番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(74) 代理人 100080687

弁理士 小川 順三 (外1名)

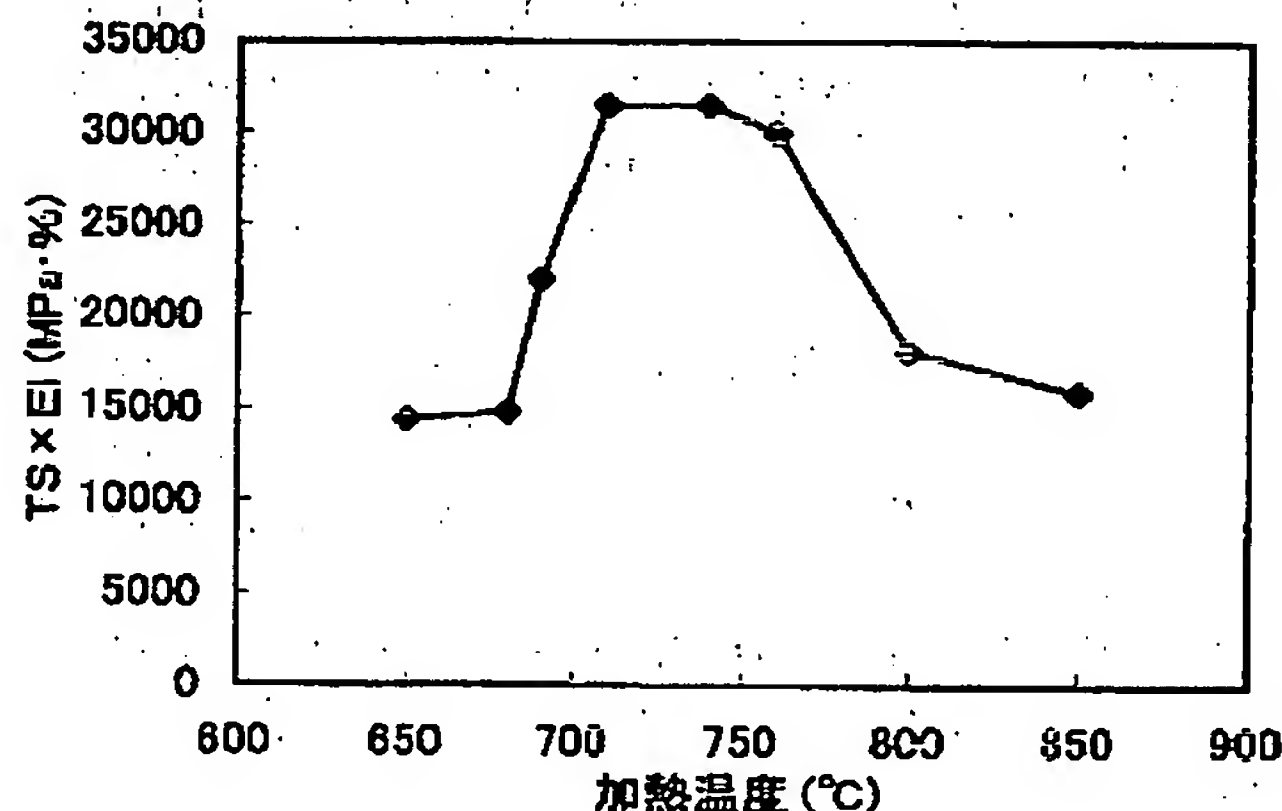
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度かつ延性に優れた電縫鋼管およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 引張強さが1180MPa以上、かつ延性が15%以上の特性を有する高強度電縫鋼管およびその優れた製造方法を提案する。

【解決手段】 C : 0.10~0.30mass%、Si : 0.01~2.0mass%、Mn : 2.0~4.0mass%、P : 0.025mass%以下、S : 0.02mass%以下、Al : 0.010~0.10mass%、N : 0.010mass%以下を含み、残部がFeおよび不可避免の不純物からなる鋼スラブを熱間圧延して鋼帯とし、この鋼帯を連続的にロール成形したのち電縫溶接して素管とし、その後、該素管をAc<sub>1</sub>点超Ac<sub>3</sub>点未満の温度域に加熱し、絞り圧延することにより、管の長手方向に伸びたフェライトおよびマルテンサイトからなる層状組織とし、該マルテンサイト組織の平均層間隔を2.0μm以下とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】C：0.10～0.30mass%、Si：0.01～2.0mass%、Mn：2.0～4.0mass%、P：0.025mass%以下、S：0.02mass%以下、Al：0.010～0.10mass%、N：0.010mass%以下を含み、残部がFeおよび不可避免の不純物の組成になり、かつ、管の長手方向に伸びたフェライトおよびマルテンサイトからなる層状組織を有するとともに、そのマルテンサイト組織は平均層間隔が $2.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする高強度かつ延性に優れた電縫鋼管。

【請求項2】上記成分のほかに、Nb：0.1mass%以下、V：0.5mass%以下、Ti：0.2mass%以下およびB：0.005mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載の高強度かつ延性に優れた電縫鋼管。

【請求項3】上記成分のほかにさらに、Cr：2mass%以下、Mo：1mass%以下、Cu：1.5mass%以下およびNi：1mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1または2に記載の高強度かつ延性に優れた電縫鋼管。

【請求項4】上記成分のほかにさらに、REM、ミッシュメタルおよびCaのうちの1種または2種以上をそれぞれ0.1mass%以下含有することを特徴とする、請求項1～3のいずれか1項に記載の高強度かつ延性に優れた電縫鋼管。

【請求項5】C：0.10～0.30mass%、Si：0.01～2.0mass%、Mn：2.0～4.0mass%、P：0.025mass%以下、S：0.02mass%以下、Al：0.010～0.10mass%、N：0.010mass%以下を含み、必要に応じ、Nb：0.1mass%以下、V：0.5mass%以下、Ti：0.2mass%以下、B：0.005mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含み、さらに、Cr：2mass%以下、Mo：1mass%以下、Cu：1.5mass%以下、Ni：1mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含みまたはさらにREM、ミッシュメタル、Caのうちの1種または2種以上を0.1mass%以下含有する鋼スラブを、熱間圧延して鋼帯とし、この鋼帯をロール成形したのち電縫溶接して素管とし、その後、該素管を $Ac_1$ 点以上 $Ac_3$ 点以下の温度域に加熱し、絞り圧延することを特徴とする高強度かつ延性に優れた電縫鋼管の製造方法。

【請求項6】上記絞り圧延における全縮径率を20%以上としたことを特徴とする請求項5に記載の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ドアインパクトビームなどの自動車用部材のほか機械構造用部材や土木建築用部材として用いられる超高張力電縫鋼管およびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、自動車への安全性の要求が高まり、衝突時における乗員の安全性を確保するため、高強

度鋼板を用いた補強部材の採用が進められている。この対応の1つとして、乗用車の側面衝突の衝撃を吸収し、車内の居住空間の変形を極力抑えるため、ドア内部にインパクトビームと呼ばれる補強部材を装着するようになった。

【0003】一般に、鋼は強度を高めると延性が損なわれ、吸収エネルギーが低下すると云われている。しかし、上記ドア補強部材は、衝突時に塑性変形することにより衝突エネルギーを吸収する必要があることから、高強度であると同時に高い変形能を具備するものが求められている。その他、耐衝撃破壊特性や耐衝撃曲特性および耐遅れ破壊特性などが求められることもある。

【0004】ところでこのようなドア補強部材には、一般に、高強度電縫鋼管が用いられている。これら高強度電縫鋼管の製造方法としては、例えば、特開昭56-46538号公報や特開平3-122219号公報等の開示されたように、電縫鋼管を製造後、焼入れまたは焼入れ・焼戻し処理などにより引張強さを向上させる方法と、特開平4-346624号公報や特開平5-59493号公報、特開平7-124758号公報等の開示されたように、高強度薄鋼板を製造後、これを電縫溶接して造管する方法とが知られている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前者の方法では、焼入れ時に反りが発生しやすいという問題があるとともに、造管後に焼入れるため、品質のバラツキが大きいばかりでなく、生産性が低く、製造コストが高くなるという問題点があった。一方、後者の方法では、高強度の薄鋼板を用いるために成形が難しく、また造管の際の溶接部や熱影響部が軟化し、衝撃吸収能に悪影響を及ぼすという問題点があった。そして、これらの方法で製造された高強度鋼管は、いずれも、高い引張強度、高い降伏応力が得られる反面、延性の低下が著しいという問題点もあった。

【0006】本発明の目的は、引張強さが1180MPa以上で、延性が15%以上の特性を有する高強度電縫鋼管およびその有利な製造方法を提案することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】発明者らは、従来技術が抱えている上述した問題点を解決するために、電縫鋼管を製造する工程そのものの見直しを行った。その結果、成分組成を規定した熱延鋼板から素管を製造し、この素管を $Ac_1$ 点以上 $Ac_3$ 点以下の温度領域に加熱した後、全縮径率20%以上の絞り圧延を行うことにより、フェライトおよびマルテンサイトからなる層状組織とし、かつマルテンサイト層間隔を $2.0\mu\text{m}$ 以下とすることにより、焼入れ・焼戻しなどの特別の熱処理を施すことなく、引張強さが1180MPa以上の高強度でかつ強度延性バランスに優れた電縫鋼管を製造することができることを見出した。本発明は、これらの知見に基づいて開発されたものである。



【0008】すなわち、本発明は、C: 0.10~0.30mass%、Si: 0.01~2.0mass%、Mn: 2.0~4.0mass%、P: 0.025mass%以下、S: 0.02mass%以下、Al: 0.010~0.10mass%、N: 0.010mass%以下を含み、残部がFeおよび不可避的不純物の組成になり、かつ、管の長手方向に伸びたフェライトおよびマルテンサイトからなる層状組織を有するとともに、そのマルテンサイト組織は平均層間隔が2.0 $\mu$ m以下であることを特徴とする高強度かつ延性に優れた電縫鋼管である。

【0009】また、本発明は、上記成分のほかに、必要に応じ、Nb: 0.1mass%以下、V: 0.5mass%以下、Ti: 0.2mass%以下およびB: 0.005mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含み、さらに、Cr: 2mass%以下、Mo: 1mass%以下、Cu: 1.5mass%以下およびNi: 1mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含み、またはさらに、REM、ミッシュメタルおよびCaのうちの1種または2種以上を0.1mass%以下含有することが好ましい。

【0010】さらにまた、本発明は、C: 0.10~0.30mass%、Si: 0.01~2.0mass%、Mn: 2.0~4.0mass%、P: 0.025mass%以下、S: 0.02mass%以下、Al: 0.010~0.10mass%、N: 0.010mass%以下を含み、必要に応じ、Nb: 0.1mass%以下、V: 0.5mass%以下、Ti: 0.2mass%以下、B: 0.005mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含み、さらに、Cr: 2mass%以下、Mo: 1mass%以下、Cu: 1.5mass%以下、Ni: 1mass%以下のうちのいずれか1種または2種以上を含み、またはさらに、REM、ミッシュメタル、Caのうちの1種または2種以上を0.1mass%以下含有する鋼スラブを、熱間圧延して鋼帯とし、この鋼帯をロール成形したのち電縫溶接して素管とし、その後、該素管をAc<sub>1</sub>点以上Ac<sub>3</sub>点以下の温度域に加熱し、絞り圧延することを特徴とする高強度かつ延性に優れた電縫鋼管の製造方法である。

【0011】なお、本発明においては、上記絞り圧延における全縮径率を20%以上とすることが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明に係る電縫鋼管は、熱間圧延→素管成形(ロール成形→電縫溶接)→絞り圧延(縮径加工)の工程を経て製造され、従来技術のような焼入れ・焼戻し処理といった特別な熱処理によることなく、TS: 1180MPa以上の高強度とE<sub>1</sub>: 15%以上の高い延性とを兼ね備えたことを特徴とする。

【0013】以下、本発明を開発する契機となった実験について説明する。鋼成分が、C: 0.17mass%、Mn: 3.1mass%、Al: 0.045mass%、N: 0.0052mass%、P: 0.009mass%、S: 0.006mass%、B: 0.0002mass%、Ti: 0.015mass%を含み、残部がFeと不可避的不純物からなる鋼スラブを、1260℃に加熱後、仕上圧延終了温度を850℃とした熱間圧延をし、500℃で巻取り、板厚1.8mmの熱延鋼帯とした。これをロール成形してオープン管と

し、電縫溶接して素管とした。この素管を650~850℃の温度範囲に加熱した後、全縮径率で50%の絞り圧延を実施した。この時の絞り圧延終了温度は、加熱温度-50℃に制御した。その後、平均冷却速度2.0℃/sで、600℃まで冷却した。

【0014】得られた製品管について、組織観察と引張試験を行った。組織観察は、管長手方向の断面組織を、走査型電子顕微鏡を用いて観察し、組織の種類を判別した。また、マルテンサイトとフェライトの層状組織が得られた場合は、マルテンサイト組織の平均の層間隔を、長手方向に対して直角方向(板厚方向)に一定長の線分を描き、層状に伸びたマルテンサイト組織が線分を横切る数をカウントし、下記式から求めた。平均の層間隔=(線分長/カウント数)また、引張試験は、管長手方向からJIS 11号試験片(管状試験片、標点間距離50mm)を採取して、JIS Z 2241の規定に準拠して実施し、引張強度TSと伸びE<sub>1</sub>を求めた。

【0015】得られた結果について、加熱温度とTSの関係を図1に、加熱温度とE<sub>1</sub>の関係を図2に、そして加熱温度とTS×E<sub>1</sub>の関係を図3に示した。さらに、加熱温度とマルテンサイト層間隔との関係を図4に示した。図1~3から明らかなように、絞り圧延の加熱温度が、概ね700~800℃の範囲で、TS、E<sub>1</sub>がともに良好で、かつ、TS×E<sub>1</sub>バランスも優れていることがわかる。また、図4から、この時の組織はフェライトとマルテンサイトの層状組織を呈しており、上記式で定義したマルテンサイト層間隔は2.0 $\mu$ m以下となっていた。

【0016】なお、この実験に用いた鋼板のAc<sub>1</sub>点およびAc<sub>3</sub>点は、それぞれ概ね700℃および800℃であり、また、圧延冷却時の過冷温度は、概ね-50℃である。従って、加熱温度を700~800℃とし、圧延終了温度を加熱温度-50℃に制御することは、加熱温度をAc<sub>1</sub>~Ac<sub>3</sub>変態点とし、圧延終了温度をAr<sub>1</sub>~Ar<sub>3</sub>点としたことと同じとなる。すなわち、上記の実験結果は、加熱温度をAc<sub>1</sub>~Ac<sub>3</sub>変態点とし、圧延終了温度をAr<sub>1</sub>~Ar<sub>3</sub>点とすると、さらに簡単に言えば、加熱温度と圧延終了温度を( $\alpha$ + $\gamma$ )2相域の温度に制御することにより、高強度と延性とが共に優れる電縫鋼管が得られることを意味している。

【0017】次に、本発明における各合金成分の含有量の限定理由について説明する。

C: 0.10~0.30mass%

Cは、電縫鋼管に所定の強度を付与する重要な元素である。引張強さ(TS)1180MPa以上を得るためには、0.10mass%以上の含有量が必要である。一方、0.30mass%を超えると、溶接性が悪化するため、上限を0.30mass%とした。

【0018】Si: 0.01~2.0mass%

Siは、脱酸剤として添加されるとともに、マトリックスに固溶し、鋼の強度を増加させる元素である。これらの

効果は、0.01mass%以上、好ましくは0.1mass%以上の含有で認められるが、2.0mass%を超える含有は、延性を低下させる。このため、Siは0.01~2.0mass%の範囲とした。

【0019】Mn : 2.0~4.0mass%

Mnは、焼入れ性を向上させるのに有効な元素で、絞り圧延後の冷却過程で、マルテンサイトの形成を促進させる効果がある。電縫鋼管の強度として、引張強さ1180MPa以上を得るために2.0mass%超の含有量が必要である。好ましくは2.5mass%超である。一方、Mn含有量が4.0mass%を超えると延性が低下するため、4.0mass%を上限とした。

【0020】P : 0.025mass%以下

Pは、焼入れ後の靱性を悪化させる元素である。その含有量が0.025mass%を超えると靱性が低下するため、0.025mass%以下とした。

【0021】S : 0.02mass%以下

Sは、非金属介在物MnSなどを生成し、靱性および溶接部の健全性を悪化させる元素である。その含有量が0.02mass%を超えるとこの傾向が著しくなるため、0.02mass%以下とした。

【0022】Al : 0.010~0.10mass%

Alは、溶鋼の脱酸剤として添加される元素であり、0.010mass%以上が必要である。しかし、0.10mass%を超える場合は、逆に鋼の清浄度が損なわれると共に、表面欠陥が発生しやすい。このため、0.010~0.10mass%の範囲に限定する。

【0023】N : 0.010mass%以下

Nは、窒化物形成元素と結合して窒化物または炭窒化物を形成し、高強度化に寄与する元素であり、結晶粒を微細化する作用を有する。このような効果は0.002mass%以上で顕著になる。しかしながら、0.010mass%を超える含有は、溶接性を低下させ、また、Bを含有している場合には、過剰なNがBと結合し、Bの焼入れ性向上作用を低減する。このため、Nは0.010mass%以下とする。

【0024】Nb : 0.1mass%以下、V : 0.5mass%以下、Ti : 0.2mass%以下、B : 0.005mass%以下

Nb, V, TiおよびBは、窒化物および炭化物あるいは炭窒化物を形成して析出することから、高強度化に寄与する元素である。特に、高温に加熱されて接合される鋼管では、加熱過程での粒成長の抑制、冷却過程でのフェライトの析出サイトとして働く効果もある。このため、必要に応じて、1種または2種以上添加する。しかし、多量の添加は、却って溶接性および靱性を低下させることになるので、Nb : 0.1mass%以下、V : 0.5mass%以下、Ti : 0.2mass%以下、B : 0.005mass%以下に限定する。より好ましくは、Nb : 0.005~0.05mass%以下、V : 0.05~0.3mass%以下、Ti : 0.005~0.1mass%以下、B : 0.0005~0.0030mass%である。

【0025】Cr : 2mass%以下、Mo : 1mass%以下、Cu :

1.5mass%以下、Ni : 1mass%以下

Cr, Mo, CuおよびNiは、電縫鋼管の強度を増加させる元素であり、必要に応じて、1種または2種以上を含有できる。これらの元素は、オーステナイト/フェライト変態点を低温化させ、組織を微細化する効果を有している。しかし、Crは、2mass%超え、Moは1mass%超えて多量に含有させると、溶接性および延性が低下するうえに、合金コストが増加する。また、Cuは、1.5mass%を超えて多量に含有すると、熱間加工性が低下する。また、Niは、強度上昇とともに靱性を向上させる効果があるが、必要以上の添加は、合金コストの増加を招く。このような観点から、Cr : 2mass%以下、Mo : 1mass%以下、Cu : 1.5mass%以下、Ni : 1mass%以下が好ましい。

【0026】REM : 0.1mass%以下、ミッシュメタル(MM) : 0.1mass%以下、Ca : 0.1mass%以下

REM、ミッシュメタル(MM)およびCaは、硫化物、酸化物または酸硫化物として析出し、介在物の形状を球状化して、加工性を向上する作用を有するとともに、接合部を有する鋼管では、接合部の硬化を防止する作用も有する。従って、本発明では、必要に応じて1種または2種以上を添加することができ、また、この添加を行っても本発明の効果は何ら損なわれない。しかし、過剰な添加は、鋼の清浄度を低下させるので、0.1mass%を上限とする。好ましい添加量は、REM、ミッシュメタルを0.001~0.10mass%、Caを0.001~0.01mass%である。

【0027】次に、本発明の電縫鋼管の製造条件について説明する。

#### 熱間圧延

上記した成分組成を有する鋼スラブを、常法に従って、熱間圧延する。この時のスラブ加熱温度は、熱延時の圧延荷重を低減させるために、1100℃以上にするのが好ましい。しかし、加熱温度が1300℃を超えると、初期オーステナイト粒径の粗大化を招き、また、熱エネルギーの無駄にもなる。従って、スラブ加熱温度は1100~1300℃とするのが好ましい。なお、スラブ加熱の方法は、連続製造スラブをそのまま圧延する直送圧延(直接圧延)方法、製造後そのまま加熱炉に装入し昇熱処理する方法、スラブを一旦冷却した後に加熱炉で再加熱する方法のいずれでも良く、特に限定されない。

【0028】なお、仕上圧延温度は800℃以上であればよい。巻取温度は、表面のスケールの除去性を考慮して、700℃以下であればよい。しかし、巻取り後の熱延鋼板のYSを600MPa以下に低減し、オープン管に成形する時のスプリングバック量を低減させる観点からは、巻取温度は600℃以下が好ましい。しかし、過度の巻取温度の低下は、熱延鋼板の加工性の低下を招くので、巻取温度の下限は300℃とする。

#### 【0029】素管の製造

続いて、上記熱延鋼板を用いて素管を製造する。この素管の製造方法については、ロール成形されたオープン管



を、冷間または熱間で高周波電流を用いて電気抵抗溶接する方法(電縫鋼管)が好適である。

#### 【0030】絞り圧延

上記素管を、加熱・均熱した後、全縮径率20%以上の絞り圧延を行う。絞り圧延の方法は、特に限定されないが、レデュサーと呼ばれる複数の孔型圧延機を用いるのが望ましい。絞り圧延の際の加熱・均熱温度は、上述した実験結果から明らかなように、 $Ac_1$ 点以上 $Ac_3$ 点以下の温度域とする。また、絞り圧延は、 $(\alpha+\gamma)$ の2相域で行うことが好ましい。このためには、圧延終了温度は、加熱温度 $-50^{\circ}\text{C}$ とすることが好ましい。または、 $Ac_3$ 点以上に加熱後、 $(\alpha+\gamma)$ の2相域に冷却してから、 $800^{\circ}\text{C}$ 以下で圧延を終了する方法でも良い。重要なことは、 $(\alpha+\gamma)$ の2相域で絞り加工を行うことである。これにより、 $(\alpha+M)$ からなる層状組織が形成され、1180MPa以上の引張強度と15%以上の延性が達成できる。

【0031】また、絞り圧延の全縮径率も重要な管理項目であり、20%以上が必要である。全縮径率が20%未満では、オーステナイトの加工量が不十分となり、その後生成する低温変態相であるマルテンサイトの強度が不足したり、所望の組織が得られず、引張強さと延性のバランスが損なわれる。従って、全縮径率が20%以上の絞り圧延を行うことが必要であり、好ましくは40%以上がよい。

【0032】なお、フェライトとマルテンサイトからなる層状組織のマルテンサイト組織の層間隔は、 $2.0\mu\text{m}$ 以下にすることにより、強度・延性のバランスに優れた鋼管が製造できる。すなわち、1180MPa以上の引張強度と15%以上の延性を両立させることができる。

【0033】絞り圧延後の冷却は、常法によって冷却すればよく、焼入れ処理を実施せずともマルテンサイト組織が得られる。なお、ミスト冷却、フォグ冷却、スプレー冷却などの強制冷却を行ってもよい。

【0034】また、絞り圧延は、潤滑下での圧延が望ましい。絞り圧延を潤滑下で行うことにより、板厚方向の歪分布を均一化させることができ、材質の安定化が達成される。無潤滑圧延では、材料表層部が特に歪むため、板厚方向に不均一な組織が形成されやすい。

【0035】なお、上記した本発明の絞り圧延の技術は、電縫鋼管に限定する必要はなく、固相圧接鋼管、鍛接鋼管および継目無鋼管等のいずれの素管にも適用可能であることは言うまでもない。

#### 【0036】

【実施例】表1に示す組成の熱延鋼板を、電縫溶接して素管とし、その後、タンデム式のレデュサーを用いて、表2に記載の条件で絞り圧延を行った。得られた製品管について、組織と引張特性を調査した。

##### (1)組織

各製品管から試験片を切り出し、管長手方向の断面組織を、走査型電子顕微鏡を用いて観察し、組織の種類を判別し、さらにマルテンサイトとフェライトの層状組織が得られた鋼管については、マルテンサイト組織の平均層間隔を、先に説明した方法により求めた。

##### (2)引張特性

各製品管の管長手方向から、JIS 11号試験片(管状試験片、標点間距離50mm)を採取し、JIS Z 2241の規定に準拠して引張試験を実施し、降伏強度YS、引張強度TSおよび伸びE1を求めた。

##### (3)結果

得られた結果を、表2に併せて示した。本発明の方法で製造した鋼管では、焼入れまたは焼入れ焼戻しなどの熱処理を行うことなく、引張強さTSが1180MPa以上、延性E1が15%以上でかつ、強度・延性バランスに優れた特性を達成できている。

#### 【0037】

【表1】

(成分単位: mass%)												
鋼No	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb, V, Ti, B	Cr, Ni, Cu, Mo	REM, Mn, Ca	$Ac_1(^{\circ}\text{C})$	$Ac_3(^{\circ}\text{C})$
A	0.14	0.26	3.1	0.01	0.008	0.042	0.005	Nb:0.02	—	—	697	793
B	0.17	0.25	3.0	0.01	0.007	0.043	0.004	Ti:0.02, B:0.002	—	—	698	787
C	0.20	0.24	3.0	0.01	0.008	0.047	0.004	Nb:0.02, Ti:0.02	—	—	698	780
D	0.21	0.19	2.1	0.01	0.006	0.046	0.004	Ti:0.02, B:0.002	—	—	706	802
E	0.25	0.25	2.9	0.01	0.005	0.044	0.005	—	—	—	699	773
F	0.17	0.20	3.1	0.01	0.005	0.044	0.005	—	Cr:0.6	—	704	783
G	0.17	0.21	3.0	0.01	0.005	0.045	0.006	—	Cu:0.8, Ni:0.5	—	697	786
H	0.19	0.21	3.1	0.01	0.004	0.055	0.006	—	Mo:0.3	REM:0.01	696	773
I	0.18	0.21	2.3	0.01	0.005	0.050	0.004	Ti:0.02, B:0.002	—	Ca:0.001	705	804
J	0.08	0.27	3.1	0.01	0.005	0.051	0.004	B:0.002	—	—	698	812
K	0.18	0.20	1.5	0.01	0.005	0.044	0.005	—	—	—	713	828

#### 【0038】

【表2】

鋼管 No.	例 No.	熱延鋼板素材			素 管		絞り圧延条件				製品管		材 質							備考
		YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	外径 (mm)	肉厚 (mm)	加熱 均熱 温度 (°C)	圧延 開始 温度 (°C)	全 断 径率 (%)	圧延 終了 温度 (°C)	圧延後 冷却 速度 (°C/s)*1	外径 (mm)	肉厚 (mm)	YS (MPa)	TS (MPa)	E1 (%)	TS×E1 (MPa·%)	組織 *2	層間隔 (μm) *3	
1	A	421	845	50	28.6	1.6	—	—	0	—	—	28.6	1.6	589	845	19	16055	F+B+M	—	比較例
2	A	424	848	50	58	1.8	850	835	51	800	2.5	28.6	1.6	895	1080	12	12960	B	—	比較例
3	A	424	848	50	58	1.8	780	765	51	730	2.0	28.6	1.6	820	1190	22	26180	F+M	1.2	発明例
4	A	424	846	50	58	1.8	720	700	51	660	1.8	28.6	1.6	790	1270	20	25400	F+M	0.9	発明例
5	B	469	860	55	31.8	1.6	—	—	0	—	—	31.8	1.6	751	860	19	16340	F+B+M	—	比較例
6	B	475	864	55	58	1.8	760	740	45	710	2.0	31.8	1.6	920	1210	16	19360	F+M	1.1	発明例
7	D	475	864	55	58	1.8	720	680	45	620	1.8	31.8	1.6	850	1475	17	25075	F+M	0.8	発明例
8	D	475	864	55	58	1.8	650	600	45	580	2.0	31.8	1.6	640	840	20	16800	F	—	比較例
9	C	445	892	50	58	1.8	720	690	51	670	2.5	28.6	1.6	890	1570	21	32970	F+M	0.8	発明例
10	C	445	892	50	35	1.6	720	690	18	670	2.0	28.6	1.6	800	1413	20	28260	F+M	1.6	発明例
11	D	478	850	74	58	1.8	720	690	51	660	10.0	28.6	1.6	790	1210	19	22990	F+M	0.9	発明例
12	E	485	910	53	58	1.8	720	680	45	500	1.8	31.8	1.6	1000	1750	18	31500	F+M	0.8	発明例
13	E	485	910	53	58	1.8	650	640	51	600	1.2	28.6	1.6	650	850	18	15300	F	—	比較例
14	F	478	1010	47	58	1.8	780	760	45	730	3.0	28.6	1.6	980	1390	16	22240	F+M	1.9	発明例
15	G	515	998	52	58	1.8	650	630	45	600	1.6	28.6	1.6	850	1250	24	30000	F+M	1.1	発明例
16	H	508	975	52	58	1.8	720	690	51	670	8.0	28.6	1.6	950	1570	20	31400	F+M	0.8	発明例
17	I	470	672	70	58	1.8	850	840	51	810	2.5	28.6	1.6	1100	1390	12	16680	F+B+M	—	比較例
18	J	585	780	75	58	1.8	780	765	51	730	15.0	28.6	1.6	730	790	10	7900	B	—	比較例
19	K	479	565	85	30	1.8	900	850	5	820	2.1	28.6	1.6	482	570	25	14250	B	—	比較例
20	B	475	864	55	58	1.8	690	670	45	640	2.0	31.8	1.6	820	1120	19	21280	F+M	2.6	比較例
21	C	445	892	50	58	1.8	695	670	45	645	2.1	31.8	1.6	815	1140	19	21660	F+M	2.4	比較例

\*1: 圧延終了温度～400℃までの平均冷却速度

\*2: F:フェライト、B:パーライト、M:マルテンサイト

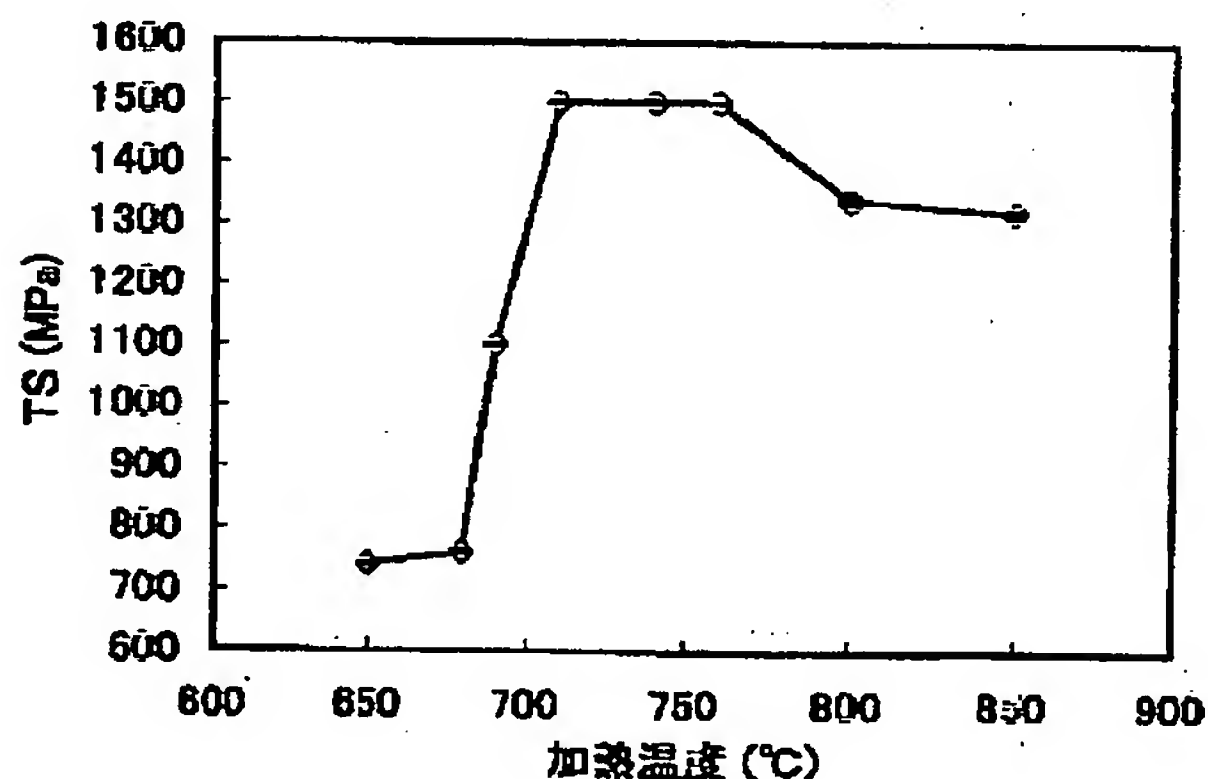
\*3: フェライトとマルテンサイトからなる層状組織に限り、マルテンサイト層の層間隔を測定

## 【0039】

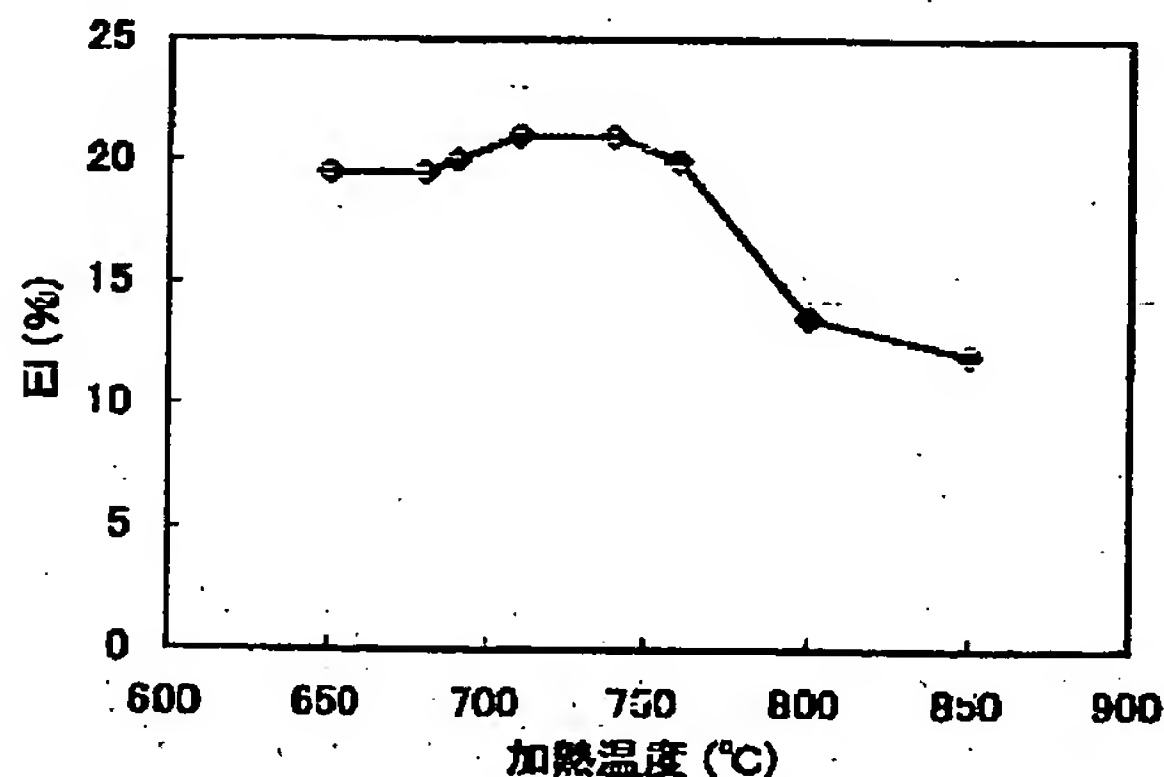
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、圧延後の焼入れまたは焼入れ焼戻しなどの熱処理を必要とせず、引張強度が1180MPa以上でかつ延性が15%以上の強度・延性バランスに優れた鋼管が供給できる。また、本発明によれば、鋼管の生産効率の向上、製造コスト低減が可能であり、産業上資するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

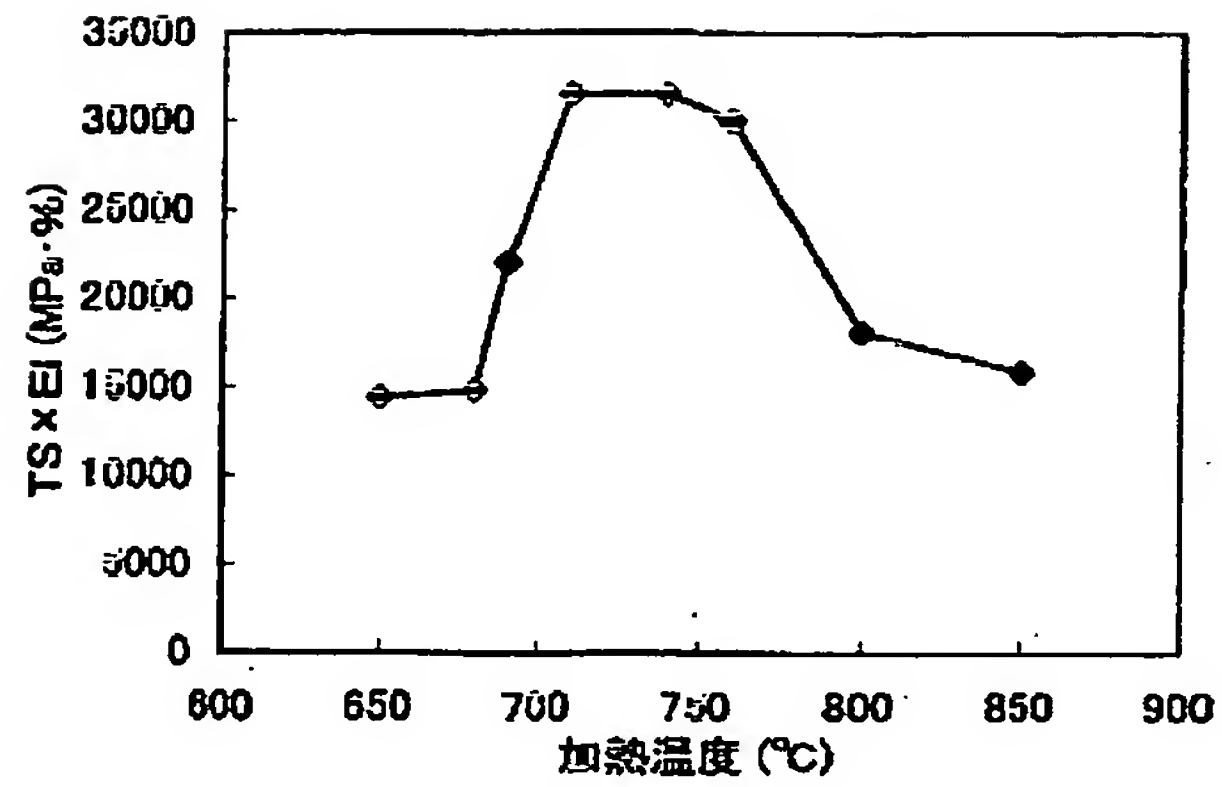
【図1】



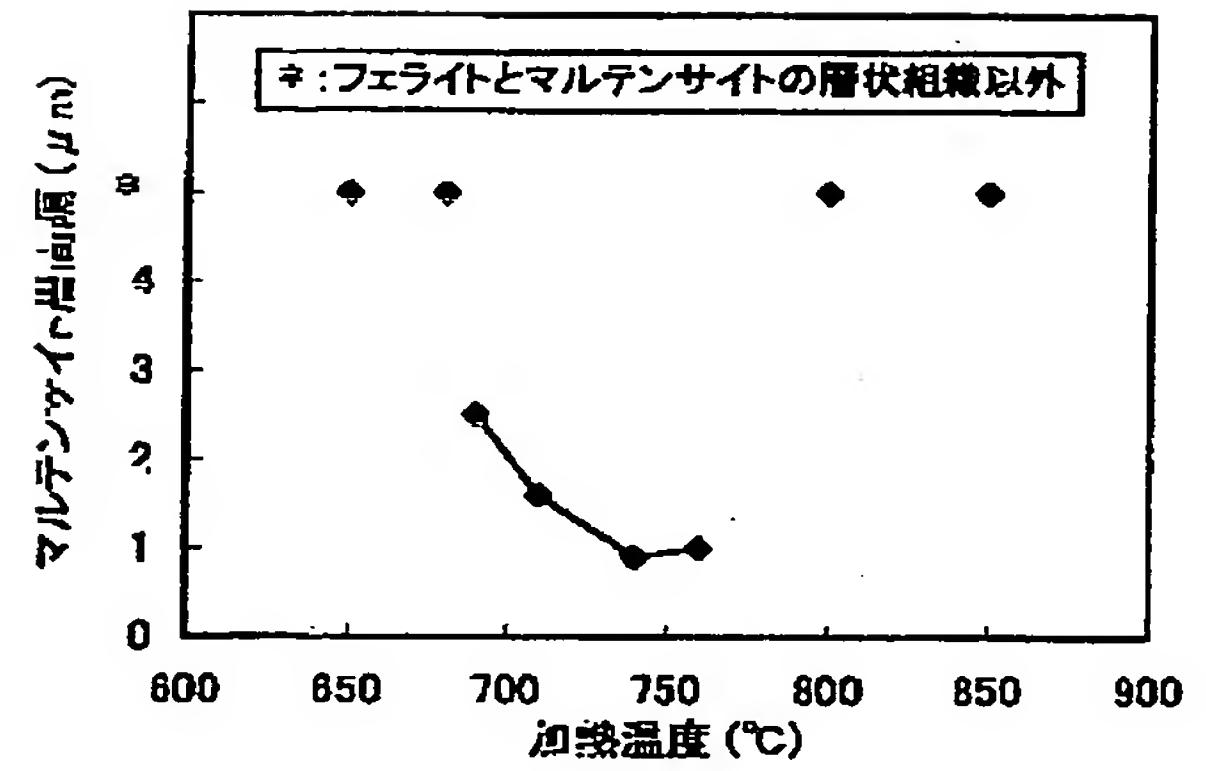
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 荒谷 昌利  
岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地な  
し)川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

Fターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA05 AA08 AA11  
AA12 AA14 AA15 AA17 AA19  
AA21 AA22 AA23 AA27 AA29  
AA31 AA32 AA35 AA36 AA40  
BA03 CB01 CB02 CC02 CC03